

国家计量技术规范《输变电设备在线监测装置校准规范：
红外成像在线监测装置》

编制说明

JJF《输变电设备在线监测装置校准规范：红外成像在线监测装置》起草工作组

国家计量技术规范《输变电设备在线监测装置校准规范： 红外成像在线监测装置》编制说明

1. 工作简要过程

1.1 任务来源

国家计量技术规范《输变电设备在线监测装置校准规范：红外成像在线监测装置》(以下简称本文件)是根据《关于下达2021年国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划的通知》(市监计量发[2021]50号)立项制定，由全国电磁计量技术委员会高压计量分技术委员会归口管理，项目编号：MTC18/SC1 2021(9)。

本文件为首次制定，是“输变电设备在线监测装置校准规范”系列标准的一个部分，系列标准由以下部分组成：

- 电容型设备绝缘在线监测装置，已发布；
- 金属氧化物避雷器在线监测装置，制定中；
- 变压器油中溶解气体在线监测装置，制定中；
- 红外成像在线监测装置，制定中；
- 特高频局部放电在线监测装置，制定中；

1.2 主要参加单位

本文件由国网湖北省电力有限公司电力科学研究院牵头编制，主要参加单位包括：国家高电压计量站、中国电力科学研究院有限公司、

广西电网有限责任公司电力科学研究院、国防科技工业光学一级计量站、国网青海省电力公司电力科学研究院、浙江大立科技股份有限公司。

1.3 工作过程

(1) 2021年7月9日，国家市场监督管理总局办公厅下达编制工作计划；牵头单位随即开展资料收集和编制准备相关工作。

(2) 2021年11月17日，在武汉召开了标准编制工作组启动暨初稿讨论会，由国家电网有限责任公司华东分部周建国进行技术指导。会议对标准框架进行了讨论，并提出下一步工作内容及分工安排。主要技术意见包括：1) 确定规范的适用范围包括输变电领域应用的常规红外在线监测装置、红外巡检机器人、机载红外成像监测装置；2) 按规范使用场景，分实验室校准和现场校准分别提出校准项目及校准方法；3) 调研确定监测装置的计量特性，至少包括：测温准确度、测温一致性、噪声等效温差 $NETD$ 、最小可辨温差 $MRTD$ 、连续稳定性；4) 调研典型监测装置产品的技术参数，提出分类和性能分档建议；5) 调研确定 $NETD$ 和 $MRTD$ 的计量溯源方法及相关的标准装置技术条件；6) 开展不同环境下监测装置计量性能的验证试验。详见文件“关于印发国家计量技术规范《输变电设备在线监测装置校准规范 红外成像在线监测装置》起草工作组启动暨初稿讨论会纪要的通

知》（高压计量〔2021〕85号）。

（3）2021年11月-12月，工作组各成员单位分头开展调研工作。调研工作分为四大方面：红外监测装置产品技术参数调研、名词术语调研、NETD和MRTD测试系统技术参数及量值溯源方法调研、标准黑体辐射源适用环境调研。其中，监测装置产品的技术参数调研，由所有成员单位分头开展；名词术语调研，由湖北电科院完成；标准装置性能参数及量值溯源方法由国防光学计量站、国家高电压计量站、浙江大立完成；标准黑体辐射源适用环境调研由国家高电压计量站、中国电科院、浙江大立完成。湖北电科院对调研材料进行了汇总，编制了调研分析报告。

（4）2022年1月-2月，湖北电科院、中国电科院、浙江大立分别选取了典型的红外监测装置产品（覆盖国内主流厂家、覆盖不同监测装置分类对应的技术参数规格），开展了标准验证试验。湖北电科院根据各单位验证试验结果，编制了验证试验报告，确定标准的相应条款制定是可靠的、准确的，能够实现对此类产品计量性能的校准。

（5）2022年2月，湖北电科院根据验证试验和调研结果，完成了征求意见稿初稿的编制，经指导专家审核后，提交至全国高电压试验技术标准化分技术委员会。

（6）2022年3月25日，编制工作组召开了第2次工作会议，

对标准征求意见稿的初审意见进行了详细讨论,并按审查意见修改了标准文稿、调研报告、编制说明等;同时补充开展了不同环境条件下计量特性校准试验、在 1000kV 特高压变电站开展了红外在线监测装置的现场校准工作,提出了现场校准支架的技术要求、现场校准时的环境条件引入的不确定度分量评估方法,并完善了标准文稿中现场校准相关的技术条款。

(7) 2022 年 4 月 24 日,标委会组织召开了征求意见稿审查会议;评审组认为标准征求意见稿满足编制目的要求,经表决,予以认可,同意按评审意见修改并经过复核后,进入下一阶段的工作。会后,湖北电科院组织,对征求意见稿材料进行了修改完善,提报标委会进入征求意见环节。

。 。 。 。 。

1.4 起草组成员的主要贡献(送审时列写)

在标准编制的不同工作阶段,起草组各成员分别承担了调研、分析、试验、章节编制等系列工作,对标准顺利完成编制过程做出了相应贡献。

初稿编制阶段:

征求意见稿编制阶段:

送审稿编制阶段:

。 。 。 。 。 。

2. 编写原则和主要内容

2.1 编写原则

本文件是首次制定。编制遵循“统一性、协调性、适用性、一致性和规范性”的原则，严格按照JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》进行编制，并与相关标准协调统一。

2.2 主要内容

按照国家计量技术规范的编制要求，本文件内容结构上主要包含目次、引言、正文、附录四个部分。正文包括：范围、规范性引用文件、术语和计量单位、概述、计量特性、校准条件、校准项目和校准方法、校准结果表达、复校时间间隔共9个章节。附录包括4个部分：附录A 测量不确定度评定示例（实验室校准）、附录B 测量不确定度评定示例（现场校准）、附录C 校准原始记录格式、附录D校准证书内页格式。

本文件是各级计量检测机构、生产厂家、使用单位、运维管理单位开展红外成像在线监测装置生产制造、安装使用、运行维护过程中计量性能校准的指导性文件。

2.3 编制目的及要解决的问题

电力设备红外成像监测技术成熟、装置装用量大，在输变电设备状态监测中发挥了良好的作用。相较手持式红外热像仪而言，红外在线监测装置的应用场景决定了该产品具备以下特点：1) 前端传感单元与后台成像处理系统是相对独立的单元，数据通过网线或其他方式传输；2) 安装在现场难以拆卸，运行环境复杂多样，需考虑现场校准的影响因素及实施方式；3) 通过被监测对象的温差的演变趋势实现状态预警，因此，对监测装置分辨细小温差的能力、现场测量回路的信噪比有更为具体的要求。因此，手持式热像仪的校准方法并不能完全解决输变电红外在线监测装置的校准问题。

因此，编制本校准规范，是规范开展红外在线监测装置各项计量性能参数量值溯源工作的前提；是确保能及时发现监测装置计量性能降低或丧失的重要手段；能避免监测装置错判、漏判输变电设备运行状态，进而避免引发电力设备事故、造成经济损失。

本规范发布实施后，将在全国范围内规范电力设备红外在线监测装置的计量校准工作，保障使用中的监测装置准确可靠，规范此类监测装置的生产制造和运行维护。通过规范开展校准工作，有利于甄别性能不良的监测装置，促进产品不断改良和进步，提升监测技术水平，为跨行业、多领域深入应用红外监测方法和诊断技术提供先决条件。更重要的是，通过定期开展计量校准工作，可确保电力设备状态监测

实时数据的可靠性和准确性，为及时诊断电力设备缺陷、保障电网安全运行、降低电力设备运维检修成本、提高状态检修经济性提供技术支撑，将产生巨大的经济效益和社会效益。

3. 主要试验验证情况及预期达到的效果

国网湖北电科院、中国电科院、浙江大立分别开展了本文件的试验验证工作，保障了标准中各项技术条款功能和参数制定的合理性。

已经开展的试验验证项目包括：外观/功能检查、电气安全试验、温度示值误差校准、测温一致性校准、噪声等效温差 (*NETD*) 校准、最小可辨温差 (*MRTD*) 校准、短时稳定性校准，此外还开展了不同环境温度下的相关计量性能校准的验证试验、红外在线监测装置的现场校准。

验证试验分为4个部分开展：

第1部分，开展温度示值误差、测温一致性、稳定性的校准，这三项参数的校准方法与JJF 1187-2008《热像仪校准规范》基本一致，开展验证试验的目的是为了证明校准方法适用于红外在线监测装置。

第2部分，开展*NETD*、*MRTD*的校准，这两项参数是JJF 1187-2008《热像仪校准规范》中没有的，因此需要针对性开展验证试验，证明本规范提出的方法是可行的。

第3部分，开展不同环境条件下温度示值误差、*NETD*、*MRTD*的

校准，目的是为了在现场校准时，定量评估环境条件对校准过程造成的影响，客观评估环境条件引入的测量不确定度分量。

第4部分，开展红外在线监测装置的现场校准，现场校准项目包括：温度示值误差、测温一致性；目的是为了验证现场校准的相关条款规范、有效，现场校准提出的测量不确定度评定方法合理、可行。

验证试验表明：标准中的技术条款能满足目前输变电设备红外成像监测装置的校准需求，可操作性较强。

4. 采用国际标准和国外先进标准情况

本文件无采用国际标准和国外先进标准的情况。

5. 与现行法律、法规、政策及相关标准的协调性

本部分引用以下现行有效标准：

JJF 1187-2008 热像仪校准规范

JJF (军工) 78-2014 红外热像仪成像特性参数校准规范

GB/T 19870-2018 工业检测型红外热成像仪

本文件编制过程中，核心计量特性参数的校准方法均借鉴或直接引用自上述标准最新有效版本，故本文件与现行法律、法规、政策没有抵触，与现行有效的相关标准协调。

6. 重大分歧意见的处理经过和依据

本文件在编制过程中，未产生重大分歧意见。

7. 贯彻标准的要求和措施建议

在本文件的贯彻过程中应组织各省/地区的计量检测机构从事红外成像在线监测装置校准的技术人员、各省/地区从事输变电设备红外监测装置安装使用和运行维护工作的相关人员、以及红外成像在线监测装置的生产制造企业(或国外制造商的国内代理商)相关人员学习宣贯,对相关技术条款进行详细明确解读,保证条款内容执行的正确性和规范性。

8. 废止现行标准的建议

无。

9. 重要内容的解释和其它应予说明的事项

9.1 范围

本文件适用于输变电设备红外成像在线监测装置(以下简称红外监测装置)在 -20°C ~ 350°C 温度范围内的实验室校准和现场校准。界定温度范围为 -20°C ~ 350°C ,是参照电力行业标准DL/T 664《带电设备红外诊断应用规范》,根据输变电设备红外监测的实际应用需求确定的温度测量范围;同时,此温度范围与现行的大多数输变电设备红外监测装置产品的测温范围也是一致的。

由于输电线路红外巡检无人机、防山火红外监拍装置也用于输变电设备监测。但红外巡检无人机应用于长距离、大尺度下快速巡检,

其温度测量允许误差十分宽泛，且一般不考核计量特性；防山火监拍装置用于监测局部火点，对测温准确性等计量指标要求不高。因此，本规范不适用于这两种监测装置的红外成像相关参数的校准。

9.2 规范性引用文件

编制组经过详细调研，在红外辐射计量技术标准领域，国内已制定JJF 1187-2008《热像仪校准规范》、JJF（军工）78-2014《红外热像仪成像特性参数校准规范》，JJF 1187-2008提出了红外热像仪的温度和测温一致性的校准方法，JJF（军工）78-2014提出了红外成像仪的成像特性参数校准方法，主要包括：信号传递函数、噪声等效温差、时间域高频噪声等效温差、空间域噪声等效温差、最小可辨温差、最小可探测温差、视场等参数。此外，还有GB/T 19870-2018《工业检测型红外热成像仪》，对工业用的红外产品提出了技术要求和试验方法。

按照JJF 1071-2010规范性引用要求及本规范实际使用需求，将上述引用文件均作为本规范的引用文件。

9.3 术语和计量单位

首先提出了“红外成像在线监测装置”的术语，对本标准涉及到的核心产品进行了规范定义。红外成像监测装置校准和应用过程中会涉及到测试距离、示值误差的表述；因此，提出了测试距离的术语；示值误差的术语引用自JJF 1187-2008。

红外成像监测装置的主要特性参数包括：噪声等效温差、最小可辨温差、测温一致性。校准噪声等效温差中，会测量“信号传递函数”

作为中间量；校准最小可辨温差时，会涉及到“特征空间频率”作为测试条件之一。校准噪声等效温差、最小可辨温差时需要用到专用的“红外成像装置性能参数测试系统”，评定其测量不确定度时，会涉及到“仪器常数”引入的不确定度分量，因此，需要对这些术语进行规范。

参考现行相关标准，噪声等效温差、最小可辨温差、测温一致性、特征空间频率，引自GB/T 19870-2018；仪器常数，引自JJF 78-2014（军工）；红外成像装置性能参数测试系统、信号传递函数为本规范首次提出。

9.4 概述

为了更好地理解红外成像装置的工作原理和结构特点，给出了工作原理图和结构示意图。同时，结合产品调研情况和输变电设备在线监测的应用需求，对监测装置进行了分类，便于后续分别列出计量特性。

监测装置的应用场景分为：巡检和精确诊断。巡检型，一般搭载机器人、导轨或者云台，按预设的移动路线，对视场范围内的电力设备进行巡视，反馈温度或红外图像巡检结果至后台分析；精确诊断型，一般搭载云台，用于开展重点电力设备的红外监测，其分辨力和灵敏度较普通的巡检型要更高。

9.5 计量特性

监测装置具备：前端传感单元与后台成像显示单元相对独立、安装在输变电现场运行情况复杂、且一旦投运后难以拆卸送检、更关注成像质量和细小温差的分辨能力等特点。结合监测装置的工作原理、技术特点和应用需求，通过产品调研和综合分析，提出了监测装置五个方面的关键计量特性，如下：

(1) 温度示值误差，是最基本、最关键的量值参数，纳入计量特性。

(2) 测温一致性，监测装置在应用时，会通过视场区域内的相邻设备、同类设备、其他相别设备的温度横向对比预警故障，因此，视场内不同区域的温度测量结果的一致性，是影响其使用效果的关键性能指标，应纳入计量特性中。

(3) 红外监测装置，应用在现场复杂环境下，其测量回路信号噪声比，会影响其探测的灵敏度、进而影响测量效果。因此，表征其信噪比的关键性能参数——噪声等效温差 (NETD)，应纳入计量特性。

(4) 红外监测装置开展电气设备状态预警的基本原理是通过局部过热点，判断电气设备内部是否存在缺陷。对于电压制热型缺陷，需要热像图中能分辨出足够的细节轮廓，才能判断内部是否存在缺陷，监测装置的细节分辨能力非常重要，会直接影响监测和预警效果。表

征监测装置分辨细小温差的性能参数——最小可辨温差（MRTD），应纳入计量特性。

（5）监测装置在现场连续工作，其示值稳定性也会影响监测效果，综合GB/T 19870-2018《工业检测型红外热成像仪》对监测装置稳定性的技术要求，将短时稳定性也纳入计量特性。

对每个计量特性参数的取值范围，结合现有GB/T 19870-2018的相关规定、并综合产品调研结果和实际应用需求确定，如下：

（1）测温准确度：测温准确度与GB/T 19870-2018和产品调研情况完全一致，为 $\pm 2^{\circ}\text{C}/\pm 2\%$ 读数（取绝对值大者）。考虑电力设备红外监测不会出现过高、过低的温度，参照DL/T 664-2016《电力设备红外诊断应用导则》，将测温准确度限定为 $-20^{\circ}\text{C}\sim+350^{\circ}\text{C}$ 的范围内。

（2）测温一致性：反映的是被测对象在监测装置视场不同区域时，测温结果的一致程度。以变压器套管为例，当监测装置对同一个套管进行红外成像时，套管不同部位会出现在监测装置视场画面的不同地方；而套管发生局部过热时，该部位温度相较其他部位会增加；若监测装置测温一致性不好，则有可能导致误判。因此，精确诊断型对监测装置测温一致性的要求更高。综合行业应用需求和现有产品的技术参数调研，巡检型的监测装置的测温一致性为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；精确诊断型装置的测温一致性为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 噪声等效温差 (*NETD*): 噪声等效温差反映的是监测装置的热灵敏度。结合产品调研情况, 并与GB/T 19870-2018保持一致, 一般巡检型: *NETD*值 $\leq 0.15^{\circ}\text{C}$; 精确诊断型: *NETD*值 $\leq 0.10^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 最小可辨温差 (*MRTD*): 监测装置在运行中对细小温差的分辨能力, 决定了其应用效果; 结合产品调研的技术参数来看, 并与GB/T 19870-2018保持一致, 一般巡检型: *MRTD*值 $\leq 0.8^{\circ}\text{C}$; 精确诊断型: *MRTD*值 $\leq 0.6^{\circ}\text{C}$ 。同时, 为了避免生产商通过增加算法来掩饰红外监测装置真实的温差分辨力, 要求*MRTD*应在与*NETD*一致的工作模式下进行测量, 且选择0.5倍特征空间频率对应的四杆靶。同时, 由于现有部分监测装置产品, 可在成像算法中通过特殊的算法设计, 人为降低*NETD*或者降低*MRTD*的测试结果。由于通过算法降低*NETD*或者降低*MRTD*的方式, 在两个参数维度下不能兼容, 即通过一种算法降低*NETD*时, *MRTD*会增大; 而通过另一种算法降低*MRTD*时, *NETD*会增大。因此, 在计量特性中, 要求*MRTD*在与*NETD*相同的工作模式下进行测量, 才能真实反映监测装置的成像性能。

(5) 稳定性: 参考GB/T 19870-2018, 监测装置长期运行在现场, 其短时稳定性应与其最大允许误差的要求一致。

9.6 校准条件

9.6.1 环境条件

环境条件分实验室校准和现场校准。实验室校准时，环境条件与JJF 1187-2008保持一致。

现场校准时，面临的情况复杂，因此从：标准黑体辐射源和被校监测装置的环境条件和供电电源条件、环境温度、环境湿度、风速、周围热辐射体等多个方面提出环境条件要求。

标准黑体辐射源所处的环境条件应符合其出厂规定；通过文献、标准、产品说明书调研，为保证黑体腔体温度的稳定性及均匀性，黑体辐射源在设计之初会在腔芯外添加固态或气态保温绝缘层来保证相关性能，因此黑体辐射源在工作温度范围的工作特性及变化规律是需要根据设备材料、结构尺寸及工作模式等多个因素相关，各种黑体辐射源的环境影响特性不具备通用性及普适性。所以在现场校准时，应确保黑体辐射源所处的环境条件与其工作要求的环境条件相符合。

被校监测装置在现场校准时，无法拆卸，因此，应避免现场校准时的环境条件偏离被校监测装置制造商规定的环境条件。

环境温度、环境湿度，参考国内南北地域特点、验证试验中环境温度湿度对校准结果的影响分析，综合考虑现场校准实施的便捷性，确定为温度（5~40）℃、不大于85%，无凝露。

在有明显气流（风）时，红外辐射在大气中传输会受到影响。考虑到现场校准时，大部分监测装置与黑体辐射源的距离可能在3m以

上；有风的环境下会对校准过程产生影响，因此参考DL/T664-2016，提出“风速不大于5m/s（风力等级3级及以下），且天气晴朗，无雨、雪、雾等情况”。

考虑到被校监测装置安装点周围会存在处于带电运行条件下的电力设备，可能存在热辐射的干扰；因此提出“被校红外监测装置与黑体辐射源之间的空间区域内无其他明显热辐射体（如运行中的变压器、电抗器等）”。

9.6.2 测量标准及辅助设备

根据监测装置的计量特性，测量标准包括：黑体辐射源、红外成像性能参数测试系统。黑体辐射源用于开展温度示值误差、测温一致性、稳定性的校准，红外成像性能参数测试系统用于开展NETD、MRTD的校准。辅助设备包括：绝缘电阻测试仪、介电强度测试仪，用于开展交流电源供电的监测装置的电气安全性试验。此外，辅助设备还包括“校准所需支架”。

黑体辐射源采用腔式黑体。其技术参数参考JJF 1187-2008、DL/T664-2016提出。主要参数包括：温度范围、空腔发射率率、稳定度。黑体辐射源的计量特性溯源测试，目前已有十分成熟的规程和方法，温度参数均可溯源至国家最高计量标准。

红外成像性能参数测试系统,其技术参数参考JJF(军工)78-2014提出,综合考虑现有的美国SBIR、以色列CI、国内凯尔文/南奇星等红外成像性能测试系统的产品技术参数确定。红外成像性能参数测试系统的核心器件是:温差源黑体、平行光管、数据采集系统。温差源黑体的量值溯源方法与黑体辐射源一致。平行光管在产品定型后就是固定不变的,对校准过程的影响反应在仪器常数中。光学数据采集系统,其校准方法是对信号采集系统的电平值进行量值溯源。因此,红外成像性能参数测试系统具备量值溯源和传递的可行性,且目前国内也有具备CNAS认可资质的检测机构开展此工作。

支架,是开展校准所必须的辅助设施。尤其是现场校准时,被校监测装置的位置相对固定,因此,选择合适的支架,实现监测装置与黑体辐射源的相对位置调节,至关重要。根据开展现场校准的实际工作经验,从便捷性、安全性、可操作性等方面综合考虑,提出支架的相关要求;并针对不同应用场景下监测装置的安装特点,给出支架的建议方式。

绝缘电阻测试仪、介电强度测试仪的参数要求沿用通用要求。激光测距仪,用于在现场校准过程中确定被校监测装置与黑体辐射源的实际距离,也作为辅助设施提出。

9.7 校准项目和校准方法

9.7.1 校准前准备

包括外观及通电检查、绝缘电阻试验、介电强度试验，均采用成熟方法开展。

实验室校准时，除了常规检查内容外，还包括：监测装置的通电热机时长要求；因为监测装置的设计目的是用于长时间、不停电连续监测，热机时间达不到制造厂要求，会导致内部探测器、处理电路无法达到设计的热平衡状态，进而导致测温结果呈现较大偏差，因此，单独对热机时间提出要求。

现场校准时，监测装置长时间运行在户外，镜头的清洁程度可能影响成像和测温效果，因此需进行检查、必要时进行清洁。此外，在开展红外监测装置现场校准的验证试验过程中，发现监测装置可见光、红外传输通道的网络出现卡顿的情况下，会导致监测装置无法追踪画面内的高温区域、导致无法对黑体辐射源进行准确测温；因此，现场校准前，需重点对网络传输的流畅度、实时性进行检查。

9.7.2 示值误差

温度示值误差试验采用标准源法。经过有效溯源的黑体辐射源作为温度标准，监测装置对其进行测量和显示。比较黑体辐射源的标准值、与监测装置显示值，计算示值误差。

温度示值误差的实验室校准方法，是业内成熟的校准方法，本规范参考了JJF 1187，编制了温度示值误差的实验室校准方法。

温度示值误差的现场校准，涉及到黑体辐射源的位置摆放于固定、测试距离的确定，单独进行了说明。同时，考虑到现场校准实施的工作量，对温度测量点进行了优化和缩减，重点在电气设备红外监测中一般缺陷、严重缺陷、危及缺陷对应的温度范围内进行温度测试点的选取。

9.7.3 测温一致性

根据测温一致性的参数定义，分别在视场的9个区域，对同一个黑体辐射源温度值进行测量。9个点与中心点的示值的最大温差，作为测温一致性的校准结果。此方法也是业内成熟的校准方法。

测温一致性的校准需在示值误差的校准之后开展。示值误差合格的前提下，开展测温一致性的校准和判定才有意义。

9.7.4 NETD

NETD的校准，参考了JJF78（军工），采用的是NETD的物理定义进行校准，运用“红外成像装置性能参数测试系统”开展。首先测试确定信号传递函数（ $SITF$ ），然后通过NETD的物理计算公式，实现NETD的校准。

*SiTF*的检测方法为：选择刀口靶或者其他合适靶标，调节被校红外监测装置的位置，使靶标成像在视场中心、且图像清晰；同时将被校红外监测装置增益设置为最高值，电平设置为中间值。在红外成像性能参数系统上设置温差范围、变化步长、被校红外监测装置的视频制式和帧频；从负温差开始按设定的温差步长逐渐增加温差，连续采集并存储被校红外监测装置对靶标在一系列温差下的图像。以红外成像性能参数系统输出的温差为横坐标，被校红外监测装置的差分视频电压的多帧平均值为纵坐标，绘制曲线，取该曲线中间的线性段部分，计算*SiTF*。然后通过连续采样，计算红外监测装置的噪声电压*S*，进而求取*NETD*。

9.7.5 *MRTD*

*MRTD*的方法，也采用业内测试和评价红外成像系统性能参数的主流方法。测试方法参考了JJF 78（军工）提出。但其测试过程中的空间频率 f_0 的选择，JJF 78（军工）中的相关条款较为苛刻，要求在不同空间频率 f_0 （ $0.2 f_0$ 、 $0.5 f_0$ 、 $1.0 f_0$ 、 $1.2 f_0$ ）下分别进行测量，并绘制不同空间频率下*MRTD*的曲线。GB/T 19870中，要求在*MRTD*测试时选择被校监测装置 $0.5 f_0$ 对应的四杆靶为靶标。本规范中考虑到输变电红外监测装置产品的技术需求没有军用产品那么严苛，同时为了确保与GB/T 19870协调一致，要求在 $0.5 f_0$ 下进行*MRTD*的校

准。

MRTD 的校准过程为：选择 0.5 倍空间频率 ($0.5 f_0$) 对应的四杆靶为靶标；调整被校红外监测装置的显示亮度和对比度至最佳观测状态；调节黑体温差，使黑体温度高于靶标温度，且观测者能清晰分辨四杆靶，然后调节黑体降温，直至刚好能分辨四杆靶图像，此时对应的温差为正温差 ΔT_1 ；随后调整黑体温差，使黑体温度低于靶标温度，使四杆靶能清晰分辨，然后调节黑体升温，直至刚好能分辨四杆靶图像，此时对应的温差为负温差 ΔT_2 。正负温差绝对值的 1/2，为 *MRTD* 的校准结果。

9.7.6 稳定性

短时稳定性的校准在实验室内开展，其校准方法与温度示值误差校准一致。

9.8 校准结果表达

参考 JJF 1001 及同类技术规范制定。

9.9 复校时间间隔

监测装置投运后难以拆卸送检；其复校时间间隔需结合监测装置的工作状态和被监测主设备的检修计划综合确定，推荐为 1~2 年。

9.10 测量不确定度评定示例（增加经验取值的相关说明）

监测装置的实验室校准项目有 5 项，其中温度示值误差、测温一

致性、稳定性的校准方法、所用仪器设备均相同，测量不确定度分析和评定的方法也相同；*NETD*、*MRTD* 的校准方法各异，属于监测装置最主要的参数。因此，给出了温度示值误差、*NETD*、*MRTD* 校准结果的测量不确定度评定示例，说明红外监测装置实验室校准的测量不确定度评定程序。

监测装置的现场校准项目有 2 项，分别是温度示值误差、测温一致性，两者的校准方法、所用仪器设备相同，因此，给出了温度示值误差的评定示例，说明红外监测装置实验室校准的测量不确定度评定程序。

编制工作组 2022 年 5 月